

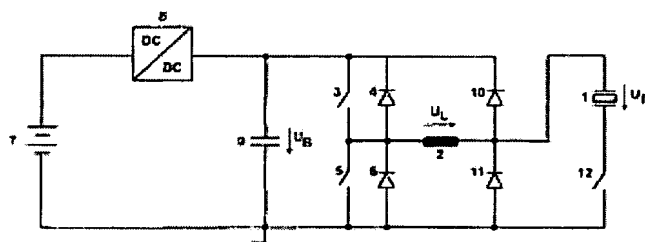
Charging and discharging a piezoelectric element involves interrupting charge transport when voltage to which piezoelectric element has been charged/discharged reaches desired value

Patent number: DE19927190
Publication date: 2000-12-21
Inventor: RUEGER JOHANNES-JOERG (DE); REINEKE JOERG (DE); HOCK ALEXANDER (DE)
Applicant: BOSCH GMBH ROBERT (DE)
Classification:
- **International:** H02N2/06; H02J7/00
- **European:** F02M51/06A; H01L41/04B; H02J7/00D1; H02J7/00G1
Application number: DE19991027190 19990615
Priority number(s): DE19991027190 19990615

Report a data error here

Abstract of DE19927190

The method involves charging the piezoelectric element (1) via an element (2) with inductive properties and interrupting the charge transport between the inductive element and the piezoelectric element when the voltage to which the piezoelectric element has been charged or discharged has reached a desired value. An Independent claim is also included for an arrangement for charging and discharging a piezoelectric element.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 199 27 190 A 1**

51 Int. Cl.⁷:
H 02 N 2/06
H 02 J 7/00

21 Aktenzeichen: 199 27 190.9
22 Anmeldetag: 15. 6. 1999
43 Offenlegungstag: 21. 12. 2000

DE 199 27 190 A 1

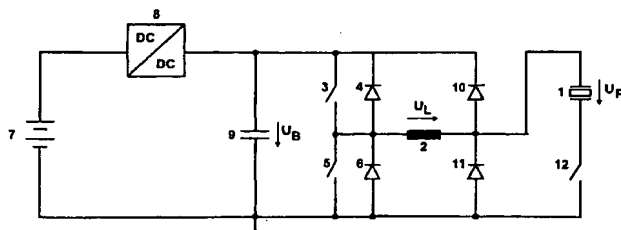
71 Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

72 Erfinder:
Rueger, Johannes-Jörg, Dr., 71665 Vaihingen, DE;
Reineke, Joerg, 70469 Stuttgart, DE; Hock,
Alexander, 70435 Stuttgart, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Verfahren und Vorrichtung zum Laden und Entladen eines piezoelektrischen Elements

57 Es werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Laden und Entladen eines piezoelektrischen Elements über ein induktive Eigenschaften aufweisendes Element beschrieben. Das beschriebene Verfahren und die beschriebene Vorrichtung zeichnen sich dadurch aus, daß dann, wenn das piezoelektrische Element die Spannung, auf die es geladen oder entladen werden soll, erreicht hat, der Ladungstransport zwischen dem induktive Eigenschaften aufweisenden Element und dem piezoelektrischen Element unterbunden wird. Dadurch kann ein zu ladendes oder zu entladendes piezoelektrisches Element unter allen Umständen exakt auf die Spannung geladen oder entladen werden, auf die es geladen oder entladen werden soll.



DE 199 27 190 A 1

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und eine Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 2, d. h. ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Laden und Entladen eines piezoelektrischen Elements über ein induktive Eigenschaften aufweisendes Element.

Beim vorliegend näher betrachteten piezoelektrischen Element handelt es sich insbesondere, aber nicht ausschließlich um ein als Aktor bzw. Stellglied verwendetes piezoelektrisches Element. Piezoelektrische Elemente lassen sich für derartige Zwecke einsetzen, weil sie bekanntermaßen die Eigenschaft aufweisen, sich in Abhängigkeit von einer an sie angelegten oder einer sich an ihnen einstellenden Spannung zusammenzuziehen oder auszudehnen.

Die praktische Realisierung von Stellgliedern durch piezoelektrische Elemente erweist sich insbesondere dann von Vorteil, wenn das betreffende Stellglied schnelle und/oder häufige Bewegungen auszuführen hat.

Der Einsatz von piezoelektrischen Elementen als Stellglied erweist sich unter anderem bei Kraftstoff-Einspritzdüsen für Brennkraftmaschinen als vorteilhaft. Zur Einsetzbarkeit von piezoelektrischen Elementen in Kraftstoff-Einspritzdüsen wird beispielsweise auf die EP 0 371 469 B1 und die EP 0 379 182 B1 verwiesen.

Piezoelektrische Elemente sind kapazitive Elemente, welche sich, wie vorstehend bereits angedeutet wurde, entsprechend dem jeweiligen Ladungszustand bzw. der sich daran einstellenden oder angelegten Spannung zusammenziehen und ausdehnen.

Das Laden und Entladen eines piezoelektrischen Elements kann beispielsweise durch die in Fig. 2 gezeigte Anordnung erfolgen.

Das piezoelektrische Element, das es im betrachteten Beispiel zu laden gilt, ist in der Fig. 2 mit dem Bezugszeichen 1 bezeichnet.

Wie aus der Fig. 2 ersichtlich ist, liegt der eine der Anschlüsse des piezoelektrischen Elements 1 dauerhaft auf Masse (ist mit einem ersten Pol einer Spannungsquelle verbunden), wohingegen der andere der Anschlüsse des piezoelektrischen Elements über eine Spule 2 und eine Parallelschaltung aus einem Ladeschalter 3 und einer Diode 4 mit dem zweiten Pol der Spannungsquelle und über die Spule 2 und eine Parallelschaltung aus einem Entladeschalter 5 und einer Diode 6 mit dem ersten Pol der Spannungsquelle verbunden ist.

Die Spannungsquelle wird durch ein kapazitive Eigenschaften aufweisendes Element, welches im betrachteten Beispiel ein (Puffer-)Kondensator 9 ist, gebildet. Der Kondensator 9 wird durch eine Batterie 7 (beispielsweise eine KFZ-Batterie) und einen dieser nachgeschalteten Gleichspannungswandler 8 geladen. Der Gleichspannungswandler 8 setzt die Batteriespannung (beispielsweise 12 V) in eine im wesentlichen beliebige andere Gleichspannung um und lädt den Kondensator 9 auf diese Spannung auf.

Das Laden und Entladen des piezoelektrischen Elements 1 erfolgt unter Durchführung eines Ladungstransports von einem kapazitive Eigenschaften aufweisenden Element (dem Kondensator 9) über ein induktive Eigenschaften aufweisendes Element, welches im betrachteten Beispiel die Spule 2 ist, zum piezoelektrischen Element oder umgekehrt.

Das Laden und das Entladen des piezoelektrischen Elements 1 erfolgen im betrachteten Beispiel getaktet. D. h., der Ladeschalter 3 und der Entladeschalter 5 werden während des Lade- bzw. Entladevorganges wiederholt geschlossen und geöffnet. Die Spule 2 dient dabei als ein Energiespeicher, der im Rhythmus des Schließens und Öffnens des

Ladeschalters 3 bzw. des Entladeschalters 5 abwechselnd zugeführte Energie speichert und die gespeicherte Energie abgibt.

Die sich dabei einstellenden Verhältnisse werden nachfolgend unter Bezugnahme auf die Fig. 3 bis 6 erläutert, von denen die Fig. 3 und 4 das Laden des piezoelektrischen Elements 1, und die Fig. 5 und 6 das Entladen des piezoelektrischen Elements 1 veranschaulichen.

Der Ladeschalter 3 und der Entladeschalter 5 sind, wenn und solange kein Laden oder Entladen des piezoelektrischen Elements 1 erfolgt, geöffnet. In diesem Zustand befindet sich die in der Fig. 2 gezeigte Schaltung im stationären Zustand. D. h., das piezoelektrische Element 1 behält seinen Ladungszustand im wesentlichen unverändert bei, und es fließen keine Ströme.

Mit dem Beginn des Ladens des piezoelektrischen Elements 1 wird der Ladeschalter 3 wiederholt geschlossen und geöffnet; der Entladeschalter 5 bleibt hierbei geöffnet.

Beim Schließen des Ladeschalters 3 stellen sich die in der Fig. 3 gezeigten Verhältnisse ein. D. h., es wird ein aus einer Reihenschaltung aus dem piezoelektrischen Element 1, dem Kondensator 9 und der Spule 2 bestehender geschlossener Stromkreis gebildet, in welchem ein wie in der Fig. 3 durch Pfeile angedeuteter Strom $i_{LE}(t)$ fließt. Dieser Stromfluß bewirkt, daß in der Spule 2 Energie gespeichert wird. Der Energiefluß in die Spule 2 wird dabei durch die positive Potentialdifferenz zwischen dem Kondensator 9 und dem piezoelektrischen Element 1 bewirkt.

Beim kurz (beispielsweise einige μs) nach dem Schließen des Ladeschalters 3 erfolgenden Öffnen desselben stellen sich die in der Fig. 4 gezeigten Verhältnisse ein. D. h., es wird ein aus einer Reihenschaltung aus dem piezoelektrischen Element 1, der Diode 6 und der Spule 2 bestehender geschlossener Stromkreis gebildet, in welchem ein wie in der Fig. 4 durch Pfeile angedeuteter Strom $i_{LA}(t)$ fließt. Dieser Stromfluß bewirkt, daß in der Spule 2 gespeicherte Energie vollständig in das piezoelektrische Element 1 fließt. Entsprechend der Energiezufuhr zum piezoelektrischen Element erhöhen sich die an diesem einstellende Spannung und dessen äußere Abmessungen. Nach erfolgtem Energietransport von der Spule 2 zum piezoelektrischen Element 1 ist wieder der vorstehend bereits erwähnte stationäre Zustand der Schaltung nach Fig. 2 erreicht.

Dann oder auch schon vorher oder auch erst später (je nach dem gewünschten zeitlichen Verlauf des Ladevorgangs) wird der Ladeschalter 3 erneut geschlossen und wieder geöffnet, wobei sich die vorstehend beschriebenen Vorgänge wiederholen. Durch das erneute Schließen und Öffnen des Ladeschalters 3 nimmt die im piezoelektrischen Element 1 gespeicherte Energie zu (die im piezoelektrischen Element bereits gespeicherte Energie und die neu zugeführte Energie summieren sich), und dementsprechend nehmen die sich am piezoelektrischen Element einstellende Spannung und dessen äußere Abmessungen zu.

Wiederholt man das beschriebene Schließen und Öffnen des Ladeschalters 3 eine Vielzahl von Malen, so steigen die sich am piezoelektrischen Element einstellende Spannung und die Ausdehnung des piezoelektrischen Elements stufenweise an.

Wurde der Ladeschalter 3 eine vorbestimmte Anzahl von Malen geschlossen und geöffnet und/oder hat das piezoelektrische Element 1 den gewünschten Ladezustand erreicht, so wird das Laden des piezoelektrischen Elements durch Öffnenlassen des Ladeschalters 3 beendet.

Soll das piezoelektrische Element 1 wieder entladen werden, so wird dies durch ein wiederholtes Schließen und Öffnen des Entladeschalters 5 bewerkstelligt; der Ladeschalter 3 bleibt hierbei geöffnet.

Beim Schließen des Entladeschalters 5 stellen sich die in der Fig. 5 gezeigten Verhältnisse ein. D. h., es wird ein aus einer Reihenschaltung aus dem piezoelektrischen Element 1 und der Spule 2 bestehender geschlossener Stromkreis gebildet, in welchem ein wie in der Fig. 5 durch Pfeile angedeuteter Strom $i_{EE}(t)$ fließt. Dieser Stromfluß bewirkt, daß die im piezoelektrischen Element gespeicherte Energie (ein Teil derselben) in die Spule 2 transportiert wird. Entsprechend dem Energietransfer vom piezoelektrischen Element 1 zur Spule 2 nehmen die sich am piezoelektrischen Element einstellende Spannung und dessen äußere Abmessungen ab.

Beim kurz (beispielsweise einige μs) nach dem Schließen des Entladeschalters 5 erfolgenden Öffnen desselben stellen sich die in der Fig. 6 gezeigten Verhältnisse ein. D. h., es wird ein aus einer Reihenschaltung aus dem piezoelektrischen Element 1, dem Kondensator 9, der Diode 4 und der Spule 2 bestehender geschlossener Stromkreis gebildet, in welchem ein wie in der Fig. 6 durch Pfeile angedeuteter Strom $i_{EA}(t)$ fließt. Dieser Stromfluß bewirkt, daß in der Spule 2 gespeicherte Energie vollständig in den Kondensator 9 zurückgespeist wird. Nach erfolgtem Energietransport von der Spule 2 zum Kondensator 9 ist wieder der vorstehend bereits erwähnte stationäre Zustand der Schaltung nach Fig. 2 erreicht.

Dann oder auch schon vorher oder erst später (je nach dem gewünschten zeitlichen Verlauf des Entladevorgangs) wird der Entladeschalter 5 erneut geschlossen und wieder geöffnet, wobei sich die vorstehend beschriebenen Vorgänge wiederholen. Durch das erneute Schließen und Öffnen des Entladeschalters 5 nimmt die im piezoelektrischen Element 1 gespeicherte Energie weiter ab, und dementsprechend nehmen die sich am piezoelektrischen Element einstellende Spannung und dessen äußere Abmessungen ebenfalls ab.

Wiederholt man das beschriebene Schließen und Öffnen des Entladeschalters 5 eine Vielzahl von Malen, so nehmen die sich am piezoelektrischen Element einstellende Spannung und die Ausdehnung des piezoelektrischen Elements stufenweise ab.

Wurde der Entladeschalter 5 eine vorbestimmte Anzahl von Malen geschlossen und geöffnet und/oder hat das piezoelektrische Element den gewünschten Entladezustand erreicht, so wird das Entladen des piezoelektrischen Elements durch Offenlassen des Entladeschalters 5 beendet.

Das piezoelektrische Element läßt sich besonders genau auf eine vorbestimmte Ausdehnung bringen, wenn das Laden und das Entladen in Abhängigkeit von der sich am piezoelektrischen Element einstellenden Spannung erfolgen, genauer gesagt wenn das wiederholte Schließen und Öffnen des Ladeschalters 3 bzw. des Entladeschalters 5 bei Erreichen der Spannung, auf die das piezoelektrische Element geladen oder entladen werden soll, beendet wird.

Die Erfahrung zeigt allerdings, daß die sich nach dem Laden bzw. Entladen am piezoelektrischen Element einstellende Spannung bisweilen nicht genau die Spannung ist, auf die es geladen oder entladen werden sollte.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, das Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und die Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 2 derart weiterzubilden, daß das zu ladende oder zu entladende piezoelektrische Element unter allen Umständen exakt auf die gewünschte Spannung geladen oder entladen wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 (Verfahren) bzw. die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 2 (Vorrichtung) beanspruchten Merkmale gelöst.

Demnach ist vorgesehen,

- daß dann, wenn das piezoelektrische Element die Spannung, auf die es geladen oder entladen werden soll, erreicht hat, der Ladungstransport zwischen dem induktive Eigenschaften aufweisenden Element und dem piezoelektrischen Element unterbunden wird (kennzeichnender Teil des Patentanspruchs 1), bzw.
- daß eine Schalteinrichtung vorgesehen ist, durch welche dann, wenn das piezoelektrische Element die Spannung, auf die es geladen oder entladen werden soll, erreicht hat, der Ladungstransport zwischen dem induktive Eigenschaften aufweisenden Element und dem piezoelektrischen Element unterbindbar ist (kennzeichnender Teil des Patentanspruchs 2).

Dadurch kann das Laden und das Entladen des piezoelektrischen Elements jederzeit und mit sofortiger Wirkung unterbrochen oder beendet werden. Das zu ladende piezoelektrische Element kann so unter allen Umständen exakt auf die gewünschte Spannung geladen oder entladen werden.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen, der folgenden Beschreibung und den Figuren entnehmbar.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die Figuren näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel einer zum nachfolgend näher beschriebenen Laden und Entladen von piezoelektrischen Elementen geeigneten Anordnung,

Fig. 2 eine herkömmliche Anordnung zum Laden und Entladen eines piezoelektrischen Elements,

Fig. 3 eine Darstellung zur Erläuterung der sich während einer ersten Ladeperiode (Ladeschalter 3 geschlossen) in der Schaltung nach Fig. 2 einstellenden Verhältnisse,

Fig. 4 eine Darstellung zur Erläuterung der sich während einer zweiten Ladeperiode (Ladeschalter 3 wieder geöffnet) in der Schaltung nach Fig. 2 einstellenden Verhältnisse,

Fig. 5 eine Darstellung zur Erläuterung der sich während einer ersten Entladeperiode (Entladeschalter 5 geschlossen) in der Schaltung nach Fig. 2 einstellenden Verhältnisse, und

Fig. 6 eine Darstellung zur Erläuterung der sich während einer zweiten Entladeperiode (Entladeschalter 5 wieder geöffnet) in der Schaltung nach Fig. 2 einstellenden Verhältnisse.

Das piezoelektrische Element, dessen Laden und Entladen im folgenden näher beschrieben wird, ist im betrachteten Beispiel ein Stellglied in einer Kraftstoff-Einspritzdüse (insbesondere in einem sogenannten Common Rail Injektor) einer Brennkraftmaschine. Auf einen derartigen Einsatz des piezoelektrischen Elements besteht jedoch keinerlei Einschränkung; das piezoelektrische Element kann grundsätzlich in beliebigen Vorrichtungen für beliebige Zwecke eingesetzt werden.

Beim nachfolgend beschriebenen Laden und Entladen von piezoelektrischen Elementen erfolgt das Laden und Entladen dem Wesen nach wie bei der Anordnung gemäß 2.

Der Aufbau der nachfolgend näher beschriebenen (in den Fig. 1 gezeigten) Anordnung stimmt weitgehend mit dem Aufbau der Anordnung gemäß Fig. 2 überein. Mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnete Elemente entsprechen einander und werden zur Vermeidung von Wiederholungen nicht nochmals beschrieben; es wird auf die sich auf die Fig. 2 bis 6 beziehenden Ausführungen verwiesen.

Die Anordnung nach Fig. 1 zeichnet sich gegenüber der herkömmlichen Anordnung nach Fig. 2 dadurch aus, daß eine Schalteinrichtung vorgesehen ist, durch welche dann, wenn das piezoelektrische Element die Spannung, auf die es geladen oder entladen werden soll, erreicht hat, der Ladungstransport zwischen der Spule 2 und dem piezoelektrischen Element 1 unterbindbar ist.

Die besagte Schalteinrichtung ist im betrachteten Beispiel ein mit dem Bezugszeichen 12 bezeichneter, zwischen dem piezoelektrischen Element 1 (dem masseseitigen Anschluß desselben) und dem Kondensator 9 angeordneter Schalter.

Durch diesen zusätzlichen Schalter 12 können die sich beim Laden und beim Entladen des piezoelektrischen Elements 1 bildenden Lade- bzw. Entladestromkreise (siehe Fig. 3 bis 6) unabhängig von der Stellung des Ladeschalters 3 und des Entladeschalters 5 geöffnet werden.

Dadurch kann jederzeit und mit sofortiger Wirkung ein weiteres Laden oder Entladen des piezoelektrischen Elements 1 bewirkender Ladungstransport zwischen Spule 2 und piezoelektrischem Element 1 unterbunden werden.

Öffnet man den zusätzlichen Schalter 12 genau dann, wenn das piezoelektrische Element 1 auf die Spannung geladen oder entladen ist, auf die es geladen oder entladen werden soll, so kann die sich am piezoelektrischen Element einstellende Spannung nicht mehr durch ein fortgesetztes Laden oder Entladen verändert werden. Insbesondere ist es nicht mehr möglich,

- daß das piezoelektrische Element 1 nach dem Erreichen der Spannung, auf die es geladen werden soll, durch die Abgabe von in der Spule 2 gespeicherter (Rest-)Energie weiter geladen wird, und
- daß das piezoelektrische Element 1 nach dem Erreichen der Spannung, auf die es entladen werden soll, durch einen fortgesetzten Energietransfer zur Spule 2 weiter entladen wird.

Dies war bei herkömmlichen Anordnungen nach Art der Fig. 2 nicht möglich, weil dort das Laden und Entladen des piezoelektrischen Elements "nur" durch das Beenden des wiederholten Schließens und Öffnens des Ladeschalters 3 bzw. des Entladeschalters 5, also nicht jederzeit und mit sofortiger Wirkung beendet wurde oder werden konnte.

Die (Rest-)Energie, die zum Zeitpunkt des Öffnens des Schalters 12 in der Spule 2 gespeichert ist, wird in die die Anordnung mit Energie versorgende Einrichtung zurückgespeist oder in ein kapazitive Eigenschaften aufweisendes Element umgespeichert. Im betrachteten Beispiel wird die in der Spule 2 gespeicherte (Rest-)Energie in den Kondensator 9 transferiert. Die Anschlüsse der Einrichtung, in welche die in der Spule gespeicherte Energie transferiert wird (im betrachteten Beispiel also die Anschlüsse des Kondensators 9), und die Spule 2 (im betrachteten Beispiel deren piezoelementseitiger Anschluß) sind über zusätzliche Dioden 10 und 11 miteinander verbunden.

Die Anordnung gemäß 1 wird wie folgt betrieben: Das Laden und das Entladen des piezoelektrischen Elements beginnen wie bei der Anordnung gemäß Fig. 2 (siehe die Fig. 3 bis 6 und die darauf bezugnehmende Beschreibung); der Schalter 12 ist dabei jeweils geschlossen.

Während des Ladens und des Entladens wird die sich am piezoelektrischen Element einstellende Spannung überwacht.

Sobald die sich am piezoelektrischen Element einstellende Spannung gleich der Spannung ist, auf die das piezoelektrische Element geladen oder entladen werden soll, wird der Schalter 12 geöffnet.

Dies unterbindet mit sofortiger Wirkung jegliche Ladungstransporte vom und zum piezoelektrischen Element, so daß dessen Ladezustand und damit auch dessen Ausdehnung fortan unverändert beibehalten werden.

In der Spule 2 noch oder schon gespeicherte Energie wird über die Diode 10 (beim Laden des piezoelektrischen Elements) bzw. über die Diode 11 (beim Entladen des piezoelektrischen Elements) in den Kondensator 9 zurückge-

speist.

Das piezoelektrische Element 1 (genauer gesagt dessen Ladezustand und dessen Ausdehnung) bleiben hiervon völlig unberührt.

Das zu ladende bzw. zu entladende piezoelektrische Element ist damit nach dessen Laden oder Entladen unter allen Umständen exakt auf die Spannung geladen oder entladen, auf die es geladen oder entladen werden sollte.

Es dürfte einleuchten, daß der Schalter 12 nicht nur dort angeordnet werden kann, wo er laut vorstehender Beschreibung und Darstellung in der Fig. 1 vorgesehen ist. Er kann überall dort vorgesehen werden, wo er die in den Fig. 3 bis 6 gezeigten Lade- und Entladestromkreise unabhängig von der Stellung des Ladeschalters 3 und des Entladeschalters 5 öffnen und schließen kann.

Bei bestimmten praktischen Realisierungen des Schalters 12 (beispielsweise bei Realisierung desselben durch MOS-FETs) kann es erforderlich sein, diesen durch mehrere parallele Schalter zu ersetzen, die unabhängig voneinander einzeln betätigbar sind.

Es dürfte ebenfalls einleuchten, daß ein wie beschrieben erfolgreiches Laden und Entladen auch bei Anordnungen zum Einsatz kommen kann, durch die gleichzeitig oder aufeinanderfolgend mehrere piezoelektrische Elemente geladen und entladen werden können.

Durch eine wie beschrieben oder ähnlich aufgebaute und betriebene Anordnung kann ein zu ladendes oder zu entladendes piezoelektrisches Element unter allen Umständen exakt auf die Spannung geladen oder entladen werden, auf die es geladen oder entladen werden sollte.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Laden und Entladen eines piezoelektrischen Elements (1) über ein induktive Eigenschaften aufweisendes Element (2), **dadurch gekennzeichnet**, daß dann, wenn das piezoelektrische Element die Spannung, auf die es geladen oder entladen werden soll, erreicht hat, der Ladungstransport zwischen dem induktive Eigenschaften aufweisenden Element und dem piezoelektrischen Element unterbunden wird.
2. Vorrichtung zum Laden und Entladen eines piezoelektrischen Elements (1) über ein induktive Eigenschaften aufweisendes Element (2), **gekennzeichnet** durch eine Schalteinrichtung (12), durch welche dann, wenn das piezoelektrische Element die Spannung, auf die es geladen oder entladen werden soll, erreicht hat, der Ladungstransport zwischen dem induktive Eigenschaften aufweisenden Element und dem piezoelektrischen Element unterbindbar ist.
3. Verfahren oder Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Laden und das Entladen des piezoelektrischen Elements getaktet erfolgen, wobei das die induktiven Eigenschaften aufweisende Element (2) als Energiezwischenspeicher verwendet wird, der wiederholt abwechselnd zugeführte Energie speichert und die gespeicherte Energie abgibt.
4. Verfahren oder Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Energie, die zum Zeitpunkt des Unterbindens des Ladungstransports zwischen dem induktive Eigenschaften aufweisenden Element (2) und dem piezoelektrischen Element (1) im induktive Eigenschaften aufweisenden Element (2) gespeichert ist, in eine die Anordnung mit Energie versorgende Einrichtung (9) zurückgespeist wird.
5. Verfahren oder Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die

Energie, die zum Zeitpunkt des Unterbindens des Ladungstransports zwischen dem induktive Eigenschaften aufweisenden Element (2) und dem piezoelektrischen Element (1) im induktive Eigenschaften aufweisenden Element (2) gespeichert ist, in ein kapazitive Eigenschaften aufweisendes Element (9) umgespeichert wird. 5

6. Verfahren oder Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß das induktive Eigenschaften aufweisende Element (2) und die Einrichtung, 10 in welche die im induktive Eigenschaften aufweisenden Element gespeicherte Energie transferiert wird, über Dioden (10, 11) miteinander verbunden sind.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

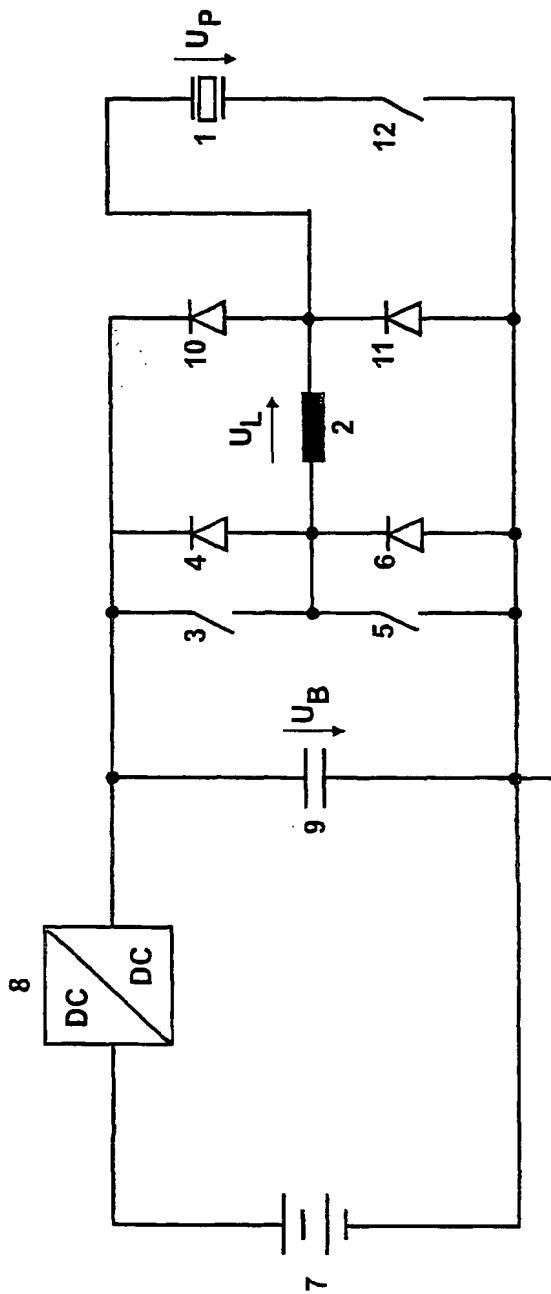


FIG. 1

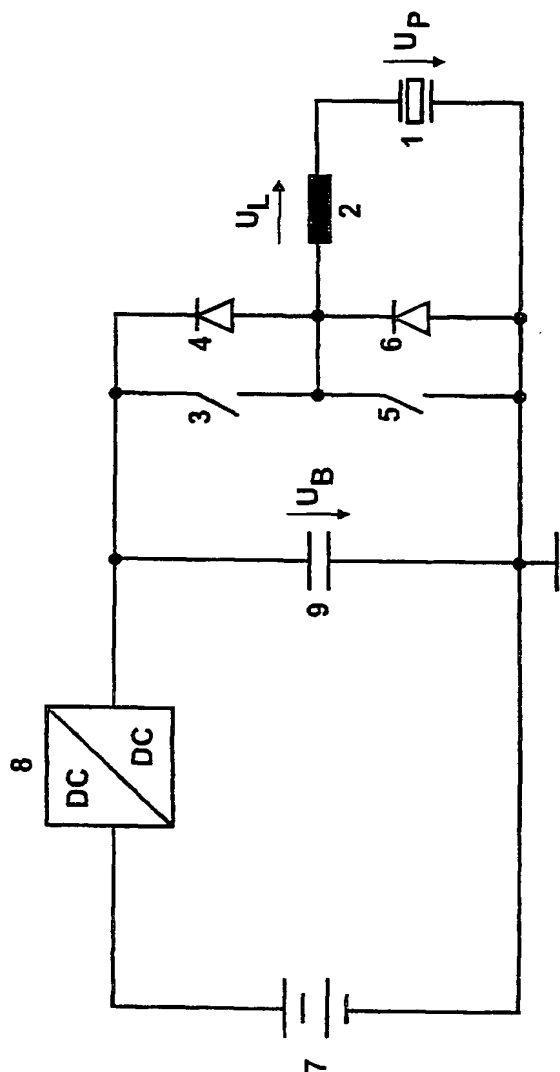


FIG. 2

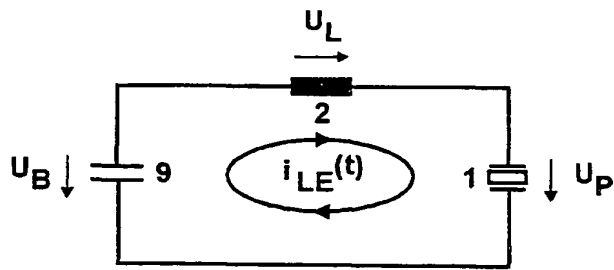


FIG. 3

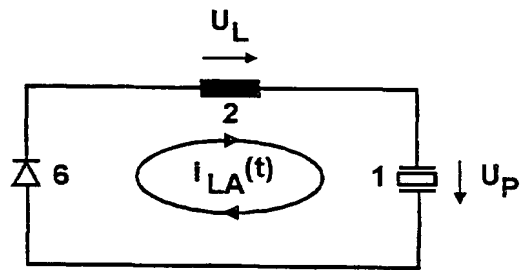


FIG. 4

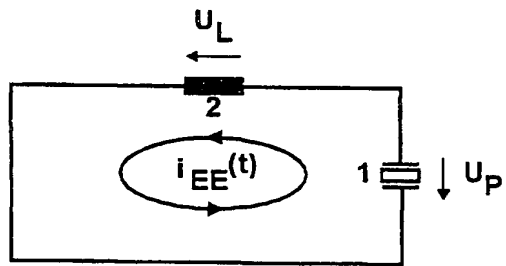


FIG. 5

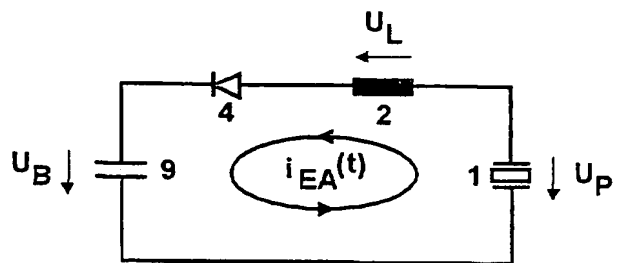


FIG. 6